(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210171208 U
(45)授权公告日 2020.03.24

(21)申请号 201920690142.3

(22)申请日 2019.05.14

(73)专利权人 内蒙古霍煤创源矿业有限公司
地址 029200 内蒙古自治区通辽市霍林郭勒市工业园C区

(72)发明人 曹勇 刘军 许世民

(74)专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109
代理人 李运萍

(51)Int.Cl.
B01D 53/80(2006.01)
B01D 53/50(2006.01)
B01D 53/68(2006.01)
B01D 53/96(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

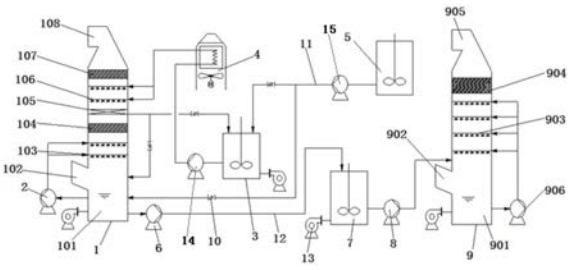
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

一种电解铝烟气深度净化装置

(57)摘要

一种电解铝烟气深度净化装置，电解铝净化塔从下至上分别设有石膏浆液循环区、入口烟道、净化塔喷淋层、净化塔第一除雾器、净化塔积液层、净化塔冷凝喷淋层、净化塔第二除雾器和净化塔出口，石膏浆液循环区通过净化塔循环泵与净化塔喷淋层连通，净化塔积液层的出口端分别与石膏浆液循环区和石灰石浆液循环箱连通，石灰石浆液循环箱通过循环冷却塔与净化塔冷凝喷淋层连通，石灰石浆液循环箱和石膏浆液循环区分别与石灰石浆液源连通，石膏浆液循环区与石膏浆液处理系统连通，本实用新型通过充分利用原电厂脱硫系统中的石灰石浆液制备系统、副产物处理系统的辅助系统，采用两级湿法洗涤工艺对完成干法净化后的电解铝烟气进行低成本深度净化。



CN 210171208 U

1.一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，包括电解铝净化塔、净化塔循环泵、冷凝循环泵、石灰石浆液泵、石灰石浆液循环箱、循环冷却塔、石灰石浆液储存箱和石膏浆液处理系统，所述电解铝净化塔从下至上分别设置有石膏浆液循环区、入口烟道、净化塔喷淋层、净化塔第一除雾器、净化塔积液层、净化塔冷凝喷淋层、净化塔第二除雾器和净化塔出口，净化塔循环泵的进口端与石膏浆液循环区连通，净化塔循环泵的出口端与净化塔喷淋层连通，净化塔积液层的出口端分别与石膏浆液循环区和石灰石浆液循环箱连通，循环冷却塔的进口端通过冷凝循环泵与石灰石浆液循环箱连通，循环冷却塔的出口端与净化塔冷凝喷淋层连通，石灰石浆液储存箱通过石灰石浆液泵分别与石灰石浆液循环箱和石膏浆液循环区连通，石膏浆液循环区通过管路与石膏浆液处理系统连通。

2.根据权利要求1所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述石膏浆液处理系统包括石膏排出泵、石膏浆液中间罐、石膏浆液中间泵和电厂脱硫塔，所述电厂脱硫塔从下至上分别设置有脱硫浆液循环区，燃煤烟气进口、脱硫塔喷淋层、脱硫塔除雾器、和脱硫塔出口，石膏排出泵的进口端与电解铝净化塔的石膏浆液循环区连通，石膏排出泵的出口端与石膏浆液中间罐连通，石膏浆液中间泵的进口端与石膏浆液中间罐连通，石膏浆液中间泵的出口端与电厂脱硫塔的脱硫浆液循环区连通。

3.根据权利要求2所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，石灰石浆液循环箱与石灰石浆液储存箱、石膏浆液循环区与石灰石浆液储存箱、净化塔积液层与石膏浆液循环区、净化塔积液层与石灰石浆液循环箱之间的管路上分别设置有流量调节阀。

4.根据权利要求3所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述电解铝净化塔的石膏浆液循环区、石灰石浆液循环箱、石膏浆液中间罐、电厂脱硫塔的脱硫浆液循环区的底部均设有布气装置，各布气装置分别连通有氧化风机。

5.根据权利要求4所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，定义石灰石浆液储存箱与石灰石浆液循环箱、石膏浆液循环区之间的管路为石灰石浆液输送管路，定义石膏浆液循环区与石膏浆液中间罐之间的管路为石膏浆液返回管路，所述石灰石浆液输送管路和石膏浆液返回管路整体设有保温防护，且石膏浆液返回管路位于石灰石浆液输送管路的下方。

6.根据权利要求5所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述石膏浆液中间罐中石膏浆液的停留时间为30-100mim。

7.根据权利要求6所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述净化塔喷淋层浆液PH值为5.0～6.5，净化塔喷淋层的液气比为1-10L/Nm^3。

8.根据权利要求7所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述净化塔循环喷淋层浆液pH值为6.0-8.0，净化塔循环喷淋层液气比为0.5-5L/Nm^3。

9.根据权利要求8所述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，所述净化塔冷凝喷淋层区域内冷凝温度为2-20℃。

一种电解铝烟气深度净化装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于资源与环境保护技术领域，具体涉及一种电解铝烟气深度净化装置。

背景技术

[0002] 在电解铝生产过程中，产生的烟气含有大量的HF、SO_2、颗粒物等污染物，直接排放会严重危害人类的健康和植物的生长，必须对电解铝烟气进行净化处理。电解铝烟气净化办法分湿法净化、干法净化两种：湿法净化系统对于可溶性气体，如SO_2和HF等气态污染物捕集效率较高，但易由于气液分离不理想而导致净化效率低，细颗粒物去除效率不高，耗水量大，设备腐蚀严重，且工艺过程较为复杂，易产生二次污染；干法净化直接使用电解用的Al_2O_3吸收废气中的HF，具有效率高，无二次污染，操作简略，运转费用低的特点，因而得到了广泛的应用。目前，国内外对电解铝烟气主要采用干式净化法。

[0003] 随着国家新标准《铝工业污染物排放标准》(GB25465-2010)及其修改单的颁布，对电解铝烟气污染物(二氧化硫、颗粒物和氟化物)的排放要求进行了大幅度的提升，同时，随着电力行业燃煤烟气超低排放改造的完成，电解铝烟气实现超低排放将成为必然的趋势，必须对现有干法电解铝尾气进一步深度净化，而现有的干法电解铝烟气处理工艺的处理效率很难进一步提高。

[0004] 针对现有干法吸附电解铝烟气排放量大、气态污染物(HF、SO_2)基础浓度低、颗粒物粒径小的特点，目前较为常见的电解铝烟气深度净化工艺均采用在电解铝烟气干法处理装置后再建一整套湿法处理系统，来实现电解铝烟气的深度净化，改工艺系统复杂、投资运行成本高，且受场地限制难以实施。专利CN105603459A公开了稀土电解铝烟气净化系统，采用第一段干法吸附除氟第二段湿法脱硫，脱硫剂为NaOH、Na_2CO_3、$Ca(OH)_2$、氨水等，不仅系统复杂，难以对干法后的超细粉尘捕集效率不高，还存在废水难以处理等二次污染；专利CN102228775A公开了一种电解铝脱硫、脱氟一体化方法，采用氨水对电解铝尾气进行洗涤脱硫、脱氟，并在溶液中进行脱氟实现氟回收，改工艺系统复杂，不适合在现有干法净化装置上改造，且存在氨逃逸造成二次污染。专利CN106334442A公开了一种电解铝烟气液相脱硫装置，通过碱性吸收液在烟道内雾化进行净化，完成净化的吸收液经过再生后重复利用，该工艺在雾化过程中，雾化液滴极易粘附于烟道避免并形成结垢，堵塞烟道，导致系统无法稳定运行，且对电解铝烟气净化效率不高。

实用新型内容

[0005] 为了解决现有技术存在的问题，本实用新型提供一种电解铝烟气深度净化装置，具体技术方案如下：

[0006] 一种电解铝烟气深度净化装置，包括电解铝净化塔、净化塔循环泵、冷凝循环泵、石灰石浆液泵、石灰石浆液循环箱、循环冷却塔、石灰石浆液储存箱和石膏浆液处理系统，所述电解铝净化塔从下至上分别设置有石膏浆液循环区、入口烟道、净化塔喷淋层、净化塔

第一除雾器、净化塔积液层、净化塔冷凝喷淋层、净化塔第二除雾器和净化塔出口，净化塔循环泵的进口端与石膏浆液循环区连通，净化塔循环泵的出口端与净化塔喷淋层连通，净化塔积液层的出口端分别与石膏浆液循环区和石灰石浆液循环箱连通，循环冷却塔的进口端通过冷凝循环泵与石灰石浆液循环箱连通，循环冷却塔的出口端与净化塔冷凝喷淋层连通，石灰石浆液储存箱通过石灰石浆液泵分别与石灰石浆液循环箱和石膏浆液循环区连通，石膏浆液循环区通过管路与石膏浆液处理系统连通。

[0007] 所述石膏浆液处理系统包括石膏排出泵、石膏浆液中间罐、石膏浆液中间泵和电厂脱硫塔，所述电厂脱硫塔从下至上分别设置有脱硫浆液循环区，燃煤烟气进口、脱硫塔喷淋层、脱硫塔除雾器、和脱硫塔出口，石膏排出泵的进口端与电解铝净化塔的石膏浆液循环区连通，石膏排出泵的出口端与石膏浆液中间罐连通，石膏浆液中间泵的进口端与石膏浆液中间罐连通，石膏浆液中间泵的出口端与电厂脱硫塔的脱硫浆液循环区连通，电厂脱硫塔还设置有脱硫塔循环泵，脱硫塔循环泵的进口端与脱硫浆液循环区连通，脱硫塔循环泵的出口端与脱硫塔喷淋层连通。

[0008] 石灰石浆液循环箱与石灰石浆液储存箱、石膏浆液循环区与石灰石浆液储存箱、净化塔积液层与石膏浆液循环区、净化塔积液层与石灰石浆液循环箱之间的管路上分别设置有流量调节阀。

[0009] 所述电解铝净化塔的石膏浆液循环区、石灰石浆液循环箱、石膏浆液中间罐、电厂脱硫塔的脱硫浆液循环区的底部均设有布气装置，各布气装置分别连通有氧化风机。

[0010] 定义石灰石浆液储存箱与石灰石浆液循环箱、石膏浆液循环区之间的管路为石灰石浆液输送管路，定义石膏浆液循环区与石膏浆液中间罐之间的管路为石膏浆液返回管路，所述石灰石浆液输送管路和石膏浆液返回管路整体设有保温防护，且石膏浆液返回管路位于石灰石浆液输送管路的下方。

[0011] 所述石膏浆液中间罐中石膏浆液的停留时间为30-100mim。

[0012] 一种电解铝烟气深度净化方法，采用前述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，包括以下步骤：

[0013] 步骤1、电厂湿法脱硫系统的石灰石浆液由石灰石浆液泵驱动经长距离石灰石浆液输送管路分别送至石灰石浆液循环箱和石膏浆液循环区，用于调节净化塔喷淋层和净化塔冷凝喷淋层浆液的pH值；

[0014] 步骤2、完成干法初步净化的电解铝烟气进入电解铝净化塔，与净化塔喷淋层的浆液接触反应，去除烟气中大部分气态污染物及颗粒物，电解铝烟气与净化塔喷淋层的浆液换热达到饱和；

[0015] 步骤3、达到饱和的电解铝烟气经第一除雾器除雾后穿过净化塔积液层，与净化塔冷凝喷淋层的浆液进一步接触反应，进一步脱除烟气中的污染物，实现电解铝烟气深度净化；

[0016] 步骤4、完成初步净化及深度净化的浆液经初步氧化后，由石膏排出泵送至石膏浆液中间罐进一步氧化，完成氧化的石膏浆液由石膏浆液中间泵经长距离管道送至电厂脱硫塔作为电厂燃煤烟气的脱硫剂浆液。

[0017] 所述净化塔喷淋层浆液PH值为5.0～6.5，净化塔喷淋层的液气比为1-10L/Nm^3。

[0018] 所述净化塔循环喷淋层浆液pH值为6.0-8.0，净化塔循环喷淋层液气比为0.5-5L/

Nm^3。

[0019] 所述净化塔冷凝喷淋层区域内冷凝温度为2-20℃。

[0020] 所述石灰石浆液储存箱中的浆液具体为电厂湿法脱硫制浆系统所制备的石灰石浆液。

[0021] 与现有技术相比，本实用新型的有益效果是：

[0022] 1、本实用新型提供了一种电解铝烟气低成本净化的解决方案，通过充分利用原电厂脱硫系统中的石灰石浆液制备系统、副产物处理系统的辅助系统(石膏浆液处理系统)，采用湿法洗涤工艺对完成干法净化后的电解铝烟气进行深度净化，本实用新型效率高、流程简单、占地面积小、投资运行成本低。

[0023] 2、本实用新型提供了一种电解铝烟气深度净化的解决方案，针对HF、SO_2等气态污染物采用分区供浆、分区控制pH值及分区吸收，实现了气态污染物的深度净化；针对喷淋雾滴无法捕集的超细颗粒物采用冷凝、凝并降温技术进行高效捕集，最终实现电解铝烟气多污染物趋零排放，大幅提高电解铝烟气的治理水平。

[0024] 3、本实用新型提供了一种实现浆液长距离输送的解决方案，通过石灰石浆液输送管路和石膏浆液返回管路完成电厂湿法脱硫系统与本实用新型之间石灰石浆液和石膏浆液的远距离输送，通过将石灰石浆液及石膏浆液管道进行以管廊形式整体组装，整体设有保温防护，且石膏浆液返回管路位于石灰石浆液管路下方，有效的避免了低温石灰石浆液管道受冻损坏，大幅提高了装置的运行稳定性。

附图说明

[0025] 图1为本实用新型的结构示意图；

[0026] 其中：电解铝净化塔1；净化塔循环泵2；石灰石浆液循环箱3；循环冷却塔4；石膏浆液循环区101；入口烟道102；净化塔喷淋层103；净化塔第一除雾器104；净化塔积液层105；净化塔冷凝喷淋层106；净化塔第二除雾器107；净化塔出口108；石灰石浆液储存箱5；石膏排出泵6；石膏浆液中间罐7；石膏浆液中间泵8；电厂脱硫塔9；脱硫浆液循环区901；燃煤烟气进口902；脱硫塔喷淋层903；脱硫塔除雾器904；脱硫塔出口905；脱硫塔循环泵 906；流量调节阀10；石灰石浆液输送管路11；石膏浆液返回管路12；氧化风机13；冷凝循环泵14；石灰石浆液泵15。

具体实施方式

[0027] 需要说明，本实用新型实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。

[0028] 如图1所示，本实用新型提供了一种电解铝烟气深度净化装置，包括电解铝净化塔1、净化塔循环泵2、冷凝循环泵14、石灰石浆液泵15、石灰石浆液循环箱3、循环冷却塔4、石灰石浆液储存箱5和石膏浆液处理系统，所述电解铝净化塔1从下至上分别设置有石膏浆液循环区101、入口烟道102、净化塔喷淋层103、净化塔第一除雾器104、净化塔积液层105、净化塔冷凝喷淋层106、净化塔第二除雾器107和净化塔出口108，净化塔循环泵2的进口端与石膏浆液循环区101连通，净化塔循环泵2的出口端与净化塔喷淋层103连通，净化塔积液层

105的出口端分别与石膏浆液循环区101和石灰石浆液循环箱3连通，循环冷却塔4的进口端通过冷凝循环泵14与石灰石浆液循环箱3连通，循环冷却塔4的出口端与净化塔冷凝喷淋层106连通，石灰石浆液储存箱5通过石灰石浆液泵15分别与石灰石浆液循环箱3和石膏浆液循环区101连通，石膏浆液循环区101通过管路与石膏浆液处理系统连通。

[0029] 所述石膏浆液处理系统包括石膏排出泵6、石膏浆液中间罐7、石膏浆液中间泵8和电厂脱硫塔9，所述电厂脱硫塔9从下至上分别设置有脱硫浆液循环区901，燃煤烟气进口902、脱硫塔喷淋层903、脱硫塔除雾器904、和脱硫塔出口905，石膏排出泵6的进口端与电解铝净化塔1的石膏浆液循环区101连通，石膏排出泵6的出口端与石膏浆液中间罐7连通，石膏浆液中间泵8的进口端与石膏浆液中间罐7连通，石膏浆液中间泵8的出口端与电厂脱硫塔9的脱硫浆液循环区901连通，电厂脱硫塔9还设置有脱硫塔循环泵11，脱硫塔循环泵11的进口端与脱硫浆液循环区901连通，脱硫塔循环泵11的出口端与脱硫塔喷淋层903连通。

[0030] 石灰石浆液循环箱3与石灰石浆液储存箱5、石膏浆液循环区101与石灰石浆液储存箱5、净化塔积液层105与石膏浆液循环区101、净化塔积液层105与石灰石浆液循环箱3之间的管路上分别设置有流量调节阀10。

[0031] 所述电解铝净化塔1的石膏浆液循环区101、石灰石浆液循环箱3、石膏浆液中间罐7、电厂脱硫塔9的脱硫浆液循环区901的底部均设有布气装置，各布气装置分别连通有氧化风机13。

[0032] 定义石灰石浆液储存箱5与石灰石浆液循环箱3、石膏浆液循环区101之间的管路为石灰石浆液输送管路11，定义石膏浆液循环区101与石膏浆液中间罐7之间的管路为石膏浆液返回管路12，所述石灰石浆液输送管路11和石膏浆液返回管路12整体设有保温防护，且石膏浆液返回管路12位于石灰石浆液输送管路11的下方。

[0033] 石膏浆液中间罐7用于完成石膏浆液中亚硫酸钙的氧化及石灰石颗粒物的溶出，作为优选：石膏浆液中间罐7浆液中石膏浆液的停留时间为30-100mim。

[0034] 一种电解铝烟气深度净化方法，采用前述的一种电解铝烟气深度净化装置，其特征在于，包括以下步骤：

[0035] 步骤1、电厂湿法脱硫系统的石灰石浆液由石灰石浆液泵15驱动经长距离石灰石浆液输送管路分别送至石灰石浆液循环箱3和石膏浆液循环区101，用于调节净化塔喷淋层103和净化塔冷凝喷淋层106浆液的pH值；

[0036] 步骤2、完成干法初步净化的电解铝烟气进入电解铝净化塔1，与净化塔喷淋层103的浆液接触反应，去除烟气中大部分气态污染物及颗粒物，电解铝烟气与净化塔喷淋层103的浆液换热达到饱和；

[0037] 步骤3、达到饱和的电解铝烟气经第一除雾器104除雾后穿过净化塔积液层105，与净化塔冷凝喷淋层106的浆液进一步接触反应，进一步脱除烟气中的污染物，实现电解铝烟气深度净化；

[0038] 步骤4、完成初步净化及深度净化的浆液经初步氧化后，由石膏排出泵6送至石膏浆液中间罐7进一步氧化，完成氧化的石膏浆液由石膏浆液中间泵8经长距离管道送至电厂脱硫塔9作为电厂燃煤烟气的脱硫剂浆液。

[0039] 所述净化塔冷凝喷淋层106106用于对电解铝烟气进行深度净化，其浆液(即石灰石浆液循环箱3中的浆液)pH值为6.0-8.0，净化塔冷凝喷淋层106106液气比为0.5-5L/Nm^3。

[0040] 所述净化塔循环喷淋层浆液pH值为6.0-8.0，净化塔循环喷淋层液气比为0.5-5L/Nm^3。

[0041] 循环冷却塔4用于对净化塔冷凝喷淋层106浆液进行冷凝降温，实现对完成除雾净化的电解铝烟气进行冷凝，深度净化喷淋浆液难以捕集的超细粉尘颗粒物，所述净化塔冷凝喷淋层106区域内冷凝温度为2-20℃。

[0042] 所述石灰石浆液储存箱5中的浆液具体为电厂湿法脱硫制浆系统所制备的石灰石浆液。

[0043] 本实用新型提供了一种运行稳定、经济、高效的电解铝烟气深度净化装置，在现有干法电解铝烟气处理装置后增加湿法净化塔，通过长距离管廊输送石灰石浆液和石膏浆液，将电厂湿法脱硫系统的石灰石浆液经管路分两路向石灰石浆液循环箱3和石膏浆液循环区101供浆，具体工作流程及原理如下：

[0044] 完成干法初步净化的高温电解铝烟气携带大量的HF、SO_2及穿过干法布袋过滤系统的超细颗粒物等污染物由入口烟道102进入电解铝净化塔1中并向上运动，与净化塔喷淋层103 较低PH的雾化浆液逆向接触，脱除电解铝烟气中的大部分HF、SO_2及超细颗粒物，高温电解铝烟气与净化塔喷淋层103的循环浆液接触换热，循环浆液中的水分受热蒸发成大量水蒸气进入电解铝烟气，电解铝烟气降温并达到饱和状态，完成初步净化的电解铝饱和烟气携带少量未除尽的HF、SO_2、超细颗粒物及细小洗涤浆液雾滴穿过净化塔第一除雾器104，经第一除雾器104脱除细小洗涤浆液雾滴完成除雾、干燥后，经过净化塔积液层105进入净化塔冷凝喷淋层106，与净化塔冷凝喷淋层106中低温、较高pH的喷淋浆液雾滴进一步接触反应，脱除烟气中残留HF、SO_2的等气态污染物，完成深度净化；

[0045] 同时电解铝饱和烟气与低温净化塔循环喷淋浆液完成冷凝换热，饱和烟气因降温达到过饱和状态，水蒸气以烟气中残留的超细颗粒物为结晶核进行冷凝、凝结，由气态水变成液态水并在重力作用下进入净化塔积液层105排出净化塔，实现对电解铝烟气中残留超细颗粒物的高效捕集，完成深度净化的电解铝烟气经净化塔第二除雾器107除雾干燥后由净化塔出口 108排放。

[0046] 电厂湿法脱硫系统的石灰石浆液由石灰石浆液泵15经管路分别送至石灰石浆液循环箱3 和石膏浆液循环区101，管路上的流量调节阀10用于调节石灰石浆液的供给流量，进入石膏浆液循环区101的石灰石浆液用于调节石膏浆液循环区101的PH值，经净化塔喷淋层103 雾化后对电解铝烟气进行初步净化；进入石灰石浆液循环箱3的石灰石浆液用于调节石灰石浆液循环箱3浆液的pH值，经循环冷却塔4冷凝降温后用于对电解铝烟气的深度净化及超细颗粒物的高效冷凝、凝并、捕集；

[0047] 完成深度净化的净化塔冷凝喷淋层106浆液携带大量反应生成的亚硫酸钙、超细颗粒物经净化塔积液层105出口端分别进入净化塔塔底石膏浆液循环101和石灰石浆液循环箱3，石膏浆液循环区101和石灰石浆液循环箱33底部分别通过管路连接有氧化风机13，用于氧化反应生成的亚硫酸钙，防止亚硫酸钙沉淀包裹石灰石颗粒物，阻碍石灰石颗粒物的溶出。

[0048] 石灰石浆液完成初步净化及深度净化后转变为石膏浆液，由石膏排出泵6送至石膏浆液中间罐7，经与石膏浆液中间罐7连通的氧化风机13进一步氧化，石膏浆液中残留的石灰石颗粒物进一步溶出，石膏浆液pH值升高，完成氧化及溶出的高pH值石膏浆液由石膏

浆液中间泵8送至电厂脱硫塔9的脱硫浆液循环区901，作为电厂燃煤烟气的脱硫剂浆液，电厂燃煤烟气从燃煤烟气进口902进入，经脱硫塔喷淋层903完成对电厂燃煤烟气的净化，完成净化的电厂燃煤烟气经脱硫塔除雾器904除雾干燥后由脱硫塔出口905排放。

[0049] 以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本实用新型进行了详细说明，领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本实用新型的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本实用新型精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本权利要求范围当中。

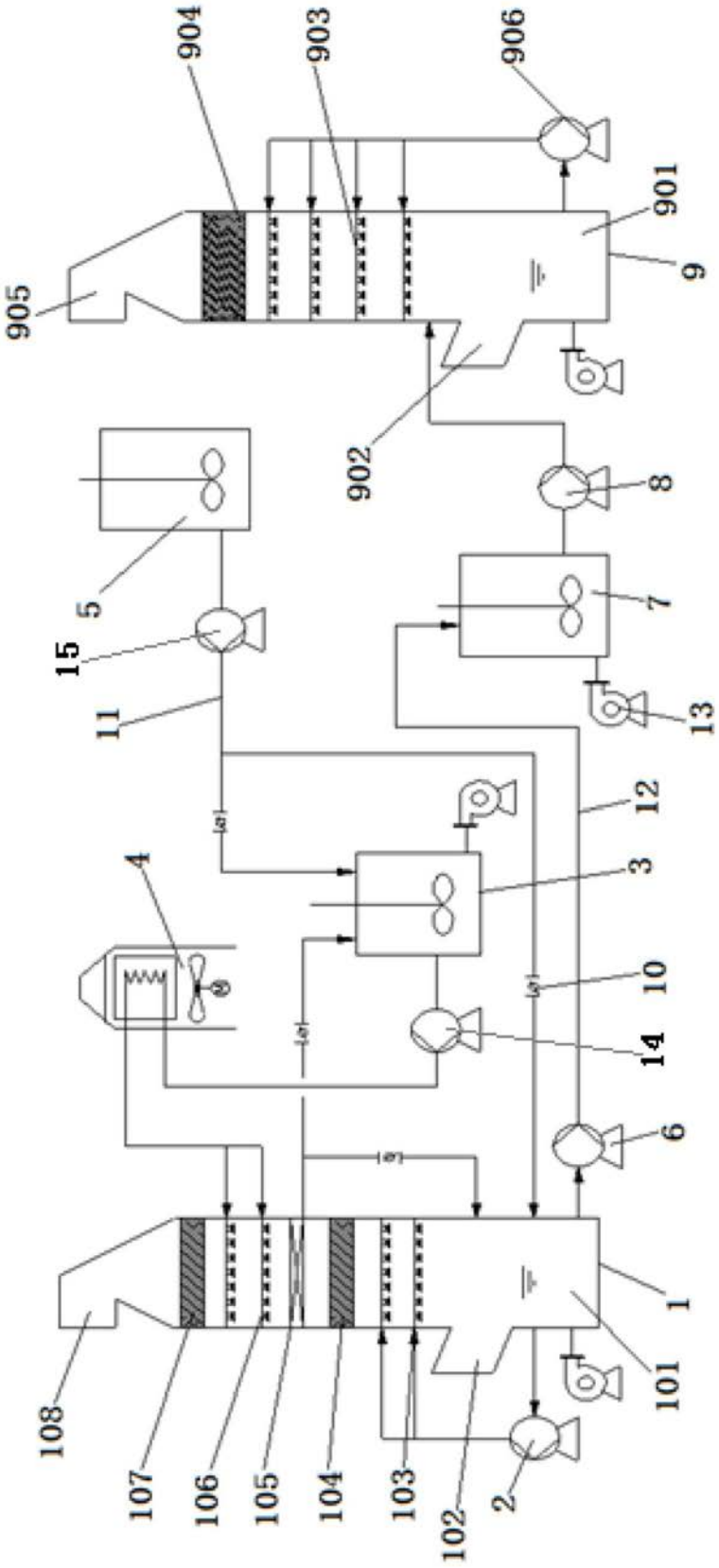

904
903
906
901
9
905
902
8
5
7
15
11
13
12
4
3
10
14
6
1
101
108
107
106
105
104
103
102
2

图1